

TRAS LAS HUELLAS DE LEIBNIZ

Guillermo Lusa Monforte
guillelm@gmail.com

1.- Introducción.

Seguramente los organizadores que me han encomendado hacer esta presentación no saben que también en 2016 se cumplen 40 años de un acontecimiento que fue muy importante para mis estudios autodidactas de la historia del cálculo infinitesimal, pues fue precisamente en 1976 cuando me agencié y estudié aquella publicación pionera en lengua castellana que abordaba la polémica Newton-Leibniz en torno a la invención del nuevo instrumento. Me estoy refiriendo a la selección, traducción y anotación de los más significativos trabajos originales de Newton y de Leibniz sobre esta cuestión que José Babini realizó en 1972 para la Editorial Universitaria de Buenos Aires¹. Afortunadamente, más de cuarenta años después podemos disfrutar, en castellano, de la excelente recopilación de los escritos matemáticos de Leibniz que acaba de realizar hace bien poco Mary Sol de Mora en el marco del proyecto “Leibniz en español”². Estos dos jalones, el de Babini y el de Mary Sol de Mora, ilustran ejemplarmente dónde nos encontramos en el proceso, tal vez lento pero tenaz, de poner a disposición de los estudiosos la casi inagotable obra matemática del genio de Leipzig. Ojalá que el Congreso que ahora iniciamos contribuya a hacer más practicables ese camino y ese empeño.

Quienes, en algún momento de nuestra vida, nos hemos visto atraídos e interesados por la obra matemática de Leibniz hemos admitido y declarado que estábamos ante el último y el más grande de los genios universales que ha producido la especie humana, admirable en todos los campos del saber.

1 LEIBNIZ, Gotifredo Guillermo; NEWTON, Isaac (1972) *El cálculo infinitesimal. Origen-Polémica*, introducción de José Babini, Buenos Aires, EUDEBA [los documentos originales fueron escritos entre 1676 y 1716].

2 LEIBNIZ, G. W. (2015) *Obras filosóficas y científicas. Escritos matemáticos (7A) y (7B)*, Mary Sol de Mora Charles (editora), Granada, Editorial Comares.

Pues bien, con ocasión de la celebración de este Congreso, he pensado que no podía dejar más tiempo sin dar un pequeño salto cualitativo, pasando de la repetición acrítica de una frase hecha al examen de algunas de las pruebas que demuestran la veracidad de esa calificación unánime de la obra de Leibniz. Por eso, durante los meses que han precedido a este encuentro, me he dedicado a intentar conocer lo fundamental de la filosofía de Leibniz, y a seguir su rastro y su impacto en algunas facetas de la historia del pensamiento europeo.

Entender medianamente las sutilezas de la filosofía de Leibniz es extraordinariamente difícil, pues ello exige conocer bien, como mínimo, a Platón, a Aristóteles, a los escolásticos y a Descartes. Por supuesto que no lo he conseguido; muchos especialistas dedican toda su vida a ese empeño tal vez inalcanzable. Pero por lo menos mis esfuerzos me han servido para reunir un conjunto de textos que podrían cobijarse bajo el informal título de “Materiales para un curso acelerado de filosofía de Leibniz para profanos”, que pongo a disposición de otras personas que compartan mis propósitos de trascender el mero conocimiento de la obra matemática de Leibniz.

Como es bien sabido, Leibniz publicó muy poco en vida, y sus principales obras fueron dándose a conocer en recopilaciones póstumas –algunas de ellas con pretensiones de *Opera Omnia*– que se editaron a partir de 1765. Mencionaremos algunas de estas ediciones a lo largo del artículo³. En la actualidad existe un proyecto colectivo, originado en 1901 por impulso de una Asociación Internacional de Academias (alemanas y francesas), que aspira a publicar la totalidad de la obra de Leibniz, distribuida en ocho grandes series de escritos, agrupados por la índole de su temática⁴: I.- Correspondencia general, histórica y política; II.- Correspondencia filosófica; III.- Correspondencia matemática, científica y técnica; IV.- Escritos políticos; V.- Escritos históricos y filológicos; VI.- Escritos filosóficos; VII.- Escritos matemáticos; VIII.- Escritos sobre ciencias naturales, médicos y técnicos.

3 Una lista –no exhaustiva– de estas ediciones puede verse en <http://www.leibniz.es/siglas.html>. La mayor parte de estas obras pueden descargarse libremente de la web de la Biblioteca Nacional francesa (gallica.bnf.fr).

4 Uno de los principales editores contemporáneos de la obra completa de Leibniz explicaba hace pocos años cómo se encuentra ese ambicioso proyecto editorial: KNOBLOCH, Eberhard (2013) “El arte de editar a Leibniz”, *Investigación y Ciencia*, mayo, 68-76. El estado de este proceso puede seguirse en la web <http://www.leibnizedition.de>, de donde pueden descargarse libremente los escritos de Leibniz que ya han sido catalogados. Existe también otra web que da cuenta de la edición en español: <http://www.leibniz.es>.

Las enciclopedias definen a Leibniz como filósofo, lógico, matemático, jurista, bibliotecario y político. En todos estos campos sus aportaciones fueron brillantes y sólidas, abriendo senderos que han sido transitados –y continúan siéndolo– por numerosos pensadores que apoyándose en su obra están contribuyendo a incrementar el patrimonio de conocimientos de la especie humana. En las líneas que siguen voy a tratar de detectar la estela de Leibniz en algunos de los campos de la historia de la ciencia y de la técnica que han suscitado mi atención durante las últimas décadas.

2.- El eco de Leibniz en los enciclopedistas.

Para la historia de la filosofía, el siglo XVIII supone una ruptura con los grandes sistemas que habían dominado el pensamiento del XVII. Lo resume de este modo Émile Bréhier⁵:

“Entre les grands systèmes théologiques de Malebranche, de Leibniz, de Spinoza, et les massives architectures philosophiques de Schelling, de Hegel ou de Comte, le XVIIIe siècle paraît être un moment de relâchement pour l’esprit synthétique et constructeur.

[...] Ce qui marque le XVIIIe siècle à son début, c’est la décadence rapide, puis la chute profonde des grands systèmes qui, sous l’inspiration cartésienne, s’étaient efforcés d’unir la philosophie de la nature et la philosophie de l’esprit. Les maîtres du XVIIIe siècle sont Newton et Locke: Newton chez qui la partie substantielle de sa pensée, la philosophie naturelle ou physique, n’a qu’un lien fort lâche avec ses doctrines sur les réalités spirituelles auxquelles il est plutôt enclin à croire par mysticisme personnel, qu’à faire d’elles l’objet de méditations méthodiques qui seraient inséparables de sa physique; Locke, l’auteur d’une philosophie de l’esprit, qui reste sans liaison essentielle avec le développement contemporain des sciences mathématiques et physiques chez Boyle ou chez Newton. [...] Si paradoxale que puisse sembler la chose, cette séparation radicale entre la nature et l’esprit domine la pensée du XVIIIe siècle; le gouvernement dualiste de Locke

5 BRÉHIER, Émile (1926-1932) *Histoire de la philosophie*, Paris, F. Alcan. En la web de la Université du Québec (consultada el 1-I-2016) existe una versión digitalizada de la obra completa que puede descargarse en la dirección http://classiques.uqac.ca/classiques/brehier_emile/brehier_emile.html. La cita que reproduzco está en la p. 214 del tomo II, de la mencionada versión digital.

et de Newton continue jusqu'au bout à régir les intelligences".

Una de las excepciones al abandono del enfoque completo o sistemático de la filosofía durante el siglo XVIII fue Christian Wolff (1679-1754), divulgador y seguidor (en parte) de la filosofía leibniziana. Wolff expuso de forma sistemática la obra de Leibniz en manuales académicos que tuvieron gran difusión en las universidades alemanas durante el siglo XVIII. Aunque declaraba que su propósito no era limitarse a exponer la filosofía de Leibniz, sino corregirla y esclarecerla, para la historia de la filosofía ha prevalecido la imagen de Wolff como mero sistematizador e incluso adulterador de la filosofía de Leibniz.

Sin embargo, a pesar de ese abandono de los grandes sistemas filosóficos, la obra de Leibniz fue apreciada por algunas de las personas más representativas del pensamiento de la Ilustración. Y eso que, como nos explica Cassirer⁶, la obra filosófica de Leibniz fue insuficientemente conocida durante el siglo XVIII:

"El conjunto de las convicciones filosóficas fundamentales de Leibniz no actúa de forma inmediata en este siglo [XVIII] como una potencia viva y presente. En primer lugar, el siglo XVIII conoce la filosofía leibniziana en una forma muy imperfecta y sólo exotérica⁷. Maneja algunos escritos de Leibniz que, como la Monadología y la Teodicea, deben su nacimiento a una ocasión externa y accidental, y que contienen su doctrina en forma resumida y popular, no con el rigor conceptual de una fundación y desarrollo completos. La obra principal de la teoría del conocimiento de Leibniz, los Nouveaux essais sur l'entendement humain, no penetra en el mundo del XVIII hasta el año 1765, gracias a la edición de Raspe, según el manuscrito de Hannover, es decir, en un momento en el que el desarrollo intelectual de este siglo [XVIII] estaba en su mayor parte consumado. Por esto, el influjo de las ideas leibnizianas es del todo indirecto, es decir, que actúa a través de la alteración experimentada en el sistema de Wolff. [...] De esta suerte, los conceptos leibnizianos y los motivos fundamentales de su sistema son transmitidos al siglo XVIII con ciertas limi-

6 CASSIRER, Ernst (1932) *Philosophie der Aufklärung*, New Haven, Yale University Press. Hay traducción española de Eugenio Ímaz (*Filosofía de la Ilustración*) para el Fondo de Cultura Económica, México, 1943 y ediciones sucesivas que llegan por lo menos hasta 1993. Las líneas que reproduzco a continuación proceden de las páginas 50-51 de la tercera edición en español (1972).

7 Exotérica: común, accesible para el vulgo, en oposición a *esotérico* (oculto, reservado) (Diccionario de la Real Academia Española, RAE).

taciones y aparecen como refractados a través de un medio extraño”.

Dejando aparte a Voltaire, que en su *Candide*⁸ tergiversa y ridiculiza a Leibniz, los principales enciclopedistas lo trataron con mucho respeto, pero criticaron severamente su filosofía. Así, D’Alembert, en su *Discours préliminaire*⁹ de la Enciclopedia, expresa muy claramente ambos sentimientos:

“Los límites de este Discurso preliminar nos impiden hablar de varios filósofos ilustres que, sin proponerse campos tan amplios como los que acabamos de mencionar, no han dejado de contribuir mucho con sus trabajos al adelanto de las ciencias y, por decirlo así, han levantado una punta del velo que nos ocultaba la verdad.

[...] Entre estos grandes hombres hay uno cuya filosofía, hoy muy bien acogida y muy combatida en el norte de Europa, nos obliga a no pasarlo por alto: el ilustre Leibniz. Aunque sólo le cupiese la gloria o siquiera la duda de haber compartido con Newton la invención del cálculo diferencial, merecería, por este título, una mención de honor, pero queremos considerarle principalmente por su metafísica. Como Descartes, parece haber reconocido la insuficiencia de todas las soluciones que hasta entonces se habían dado a los problemas más elevados sobre la unión del cuerpo y el alma, la Providencia, la naturaleza de la materia; parece que tuvo incluso hasta la ventaja de exponer con más fuerza que nadie las dificultades que se pueden suscitar sobre estos problemas; pero, menos prudente que Locke y Newton, no se contentó con formular dudas, sino que trató de disiparlas, y, en este sentido, no ha sido más afortunado que Descartes. Su principio de la razón suficiente, muy bello y muy justo en sí, no parece sernos muy útil a seres tan poco esclarecidos como nosotros sobre las

8 VOLTAIRE (1759) *Candide ou l’optimisme* (hay innumerables ediciones en castellano, la primera de las cuales parece ser la de Leandro Fernández de Moratín en 1813). Las ideas de Leibniz están puestas por Voltaire en la boca del doctor Pangloss, ridículo personaje que va afirmando continuamente que todo va bien en el mejor de los mundos posibles cuando los protagonistas (y los agonistas) de la novela van sufriendo penalidades sin fin. Un punto de vista amplio de la opinión de Voltaire acerca de la filosofía de Leibniz puede verse en PARMENTIER, Marc (2004) “Voltaire et l’optimisme leibnizien”, *Atlante. Revue d’études romanes*, 1, 137-165.

9 Toda la edición original de la Encyclopédie (1751) está digitalizada en la web de la Biblioteca Nacional francesa (<http://gallica.bnf.fr/>). Existe una versión en castellano de este discurso, D’ALEMBERT (1953) *Discurso preliminar de la Enciclopedia*, traducción de Consuelo Berges, Madrid, Aguilar (Biblioteca de Iniciación Filosófica), que también puede encontrarse y descargarse en la red (consultada el 16-XII-2015), en la dirección http://www.antorcha.net/biblioteca_virtual/filosofia/enciclopedia/5.html

razones primeras de todas las cosas; sus mónadas prueban, a lo más, que supo ver mejor que nadie que es imposible formarse una idea clara de la materia, pero no parecen capaces de dárnosla; su armonía preestablecida parece añadir otra dificultad a la opinión de Descartes sobre la unión del cuerpo y el alma; y, en fin, su sistema del optimismo es quizá peligroso por su pretendida ventaja de explicarlo todo. Este gran hombre parece haber aportado a la metafísica más agudeza que claridad; pero, cualquiera que sea la manera de enjuiciar este artículo, no se puede negar la admiración que merece la grandeza de sus opiniones sobre todas las cosas, la extensión prodigiosa de sus conocimientos, y, sobre todo, el espíritu filosófico con que ha sabido esclarecerlos”.

Fue Diderot quien redactó el artículo *Léibnitzianisme ou Philosophie de Léibnitz* que aparece en la Enciclopedia¹⁰. Para Diderot, los modernos sólo pueden oponer –incluso con ventaja– cuatro hombres a los genios más asombrosos de la Antigüedad: Bayle, Descartes, Leibniz y Newton. Diderot resumía la trayectoria y explicaba sucintamente el contenido de algunas de las principales obras del genio de Leipzig en diversos campos (Derecho, Historia, Filosofía...), así como sus contribuciones al estudio de los fenómenos naturales (Física, dinámica...) y a la Matemática. No olvidaba mencionar sus máquinas hidráulicas, su máquina aritmética y su proyecto de “máquina filosófica”. Pasaba después a analizar la obra de Leibniz como metafísico, es decir “como hombre que se remonta desde los casos particulares hasta las leyes generales”, mencionando su “principio de la razón suficiente”, su “armonía preestablecida” y sus mónadas, que no trataba a fondo, pues remitía a los artículos específicos correspondientes que figuraban en otro lugar de la Enciclopedia. Después Diderot analizaba sucintamente la filosofía de Leibniz en cinco apartados: los principios de sus meditaciones racionales (si el conocimiento es claro u oscuro, si el conocimiento claro es confuso o distinto, si el conocimiento distinto es adecuado o inadecuado, intuitivo o simbólico); su metafísica propiamente dicha, es decir, lo que Leibniz pensaba acerca de los elementos de las cosas (qué son las mónadas o entelegías, cuántas

10 Aparece en el tomo 9, páginas 369-379. El artículo original digitalizado se encuentra en la citada web de la Biblioteca Nacional francesa. Una transcripción imprimible puede descargarse de la web de la wikipedia francesa (<https://fr.wikisource.org/>). Según algunos autores (por ejemplo, FAUVERGUE, Claire (2004) “Diderot traducteur de Leibniz”, *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie* [En línea], núm. 36), para escribir este artículo Diderot “saqueó” un texto del escritor alemán Jacob Brucker, editor de la *Historia Critica Philosophiae* (1742-1744).

les son sus cualidades); su teología natural (en qué consisten la omnipotencia de Dios y su voluntad, sea productiva o bien permisiva, y cómo se articula con la existencia del bien y del mal y con la libertad del hombre); los principios que Leibniz sostuvo en su controversia con Clarke (la conservación de la fuerza, el principio de contradicción como fundamento de toda verdad matemática, el principio de razón suficiente que permite el paso de las matemáticas a la física, el espacio y el tiempo no son sino relaciones) y, finalmente, los principios del derecho natural leibniziano (el derecho es una especie de potencia moral, la justicia es la caridad del sabio, la sabiduría es la ciencia de la felicidad, los tres grados del derecho natural: derecho estricto en la justicia conmutativa, equidad o caridad en la justicia distributiva, piedad o probidad en la justicia universal).

El artículo de Diderot finalizaba con unas frases en las que mostraba su sorpresa ante el hecho de que Leibniz no hubiese recibido el reconocimiento que su obra merecía, y regocijándose por el hecho de hacerle, con su artículo en la Enciclopedia, la justicia que se le debía:

“Jamais homme peut-être n’a autant lû, autant étudié, plus médité, plus écrit que Leibnitz; cependant il n’existe de lui aucun corps d’ouvrages; il est surprenant que l’Allemagne à qui cet homme fait lui seul autant d’honneur que Platon, Aristote & Archimede ensemble en font à la Grece, n’ait pas encore recueilli ce qui est sorti de sa plume. Ce qu’il a composé sur le monde, sur Dieu, sur la nature, sur l’ame, comportoit l’éloquence la plus sublime. Si ces idées avoient été exposées avec le coloris de Platon, le philosophe de Leipsic ne le céderoit en rien au philosophe d’Athenes.

On s’est plaint, & avec quelque raison peut-être, que nous n’avions pas rendu à ce philosophe toute la justice qu’il méritoit. C’étoit ici le lieu de réparer cette faute si nous l’avons commise; & nous le faisons avec joie. Nous n’avons jamais pensé à déprimer les grands hommes: nous sommes trop jaloux de l’honneur de l’espece humaine; & puis nous aurions beau dire, leurs ouvrages transmis à la postérité déposeroient en leur faveur & contre nous; on ne les verroit pas moins grands, & on nous trouveroit bien petits”.

3.- La influencia de Leibniz en los impulsores de la Idea de Progreso.

Por supuesto que no hay que buscar influencias de Leibniz en los materia-

listas franceses del XVIII (La Mettrie¹¹, D'Holbach, Helvetius...), pero sí que es detectable la impronta de Leibniz en las obras de dos de los principales impulsores de la idea de progreso durante el siglo XVIII, Turgot y Condorcet.

Para algunos historiadores de las ideas, la idea de progreso es uno de los conceptos más influyentes y determinantes del pensamiento occidental. Dice Robert Nisbet¹²:

“Durante unos tres mil años no ha habido en Occidente ninguna idea más importante, y ni siquiera quizás tan importante, como la idea de progreso. Ha habido otras fundamentales, como las de libertad, justicia, igualdad, comunidad, etc. No pretendo subvalorarlas, pero es necesario recalcar que, a lo largo de la mayor parte de la historia de Occidente, por debajo de estas últimas ideas subyace otra, una filosofía de la historia que da una importancia fundamental al pasado, el presente y el futuro.

[...] Para decirlo lo más sencillamente posible, la idea de progreso sostiene que la humanidad ha avanzado en el pasado y que sigue y seguirá avanzando en el futuro. J. B. Bury lo dice con una frase muy acertada: la idea del progreso es una síntesis del pasado y una profecía del futuro. Es una idea inseparable de otra según la cual el tiempo fluye de manera unilinear”.

Por lo que se refiere al impacto de esta idea en el campo de la ciencia y de la técnica, otro notable pensador, Paolo Rossi¹³, lo formula de este modo:

“A través de la gran revolución científica y filosófica del siglo XVII se ha ido formando y reforzando un modo determinado de concebir la ciencia que,

11 En muchas de sus obras (*L'histoire naturelle de l'âme* (1745), *L'homme-machine* (1747), *Vénus Métaphysique* (1751)...) La Mettrie combatió las ideas de Leibniz, a quien sin embargo admiraba por su talento (“el Hércules de las ciencias”). Véase LA METTRIE, Julien-Offray de (1983) *Obra filosófica*, Madrid, Editora Nacional.

12 NISBET, Robert (1980) *History of the idea of progress*, New York, Basic Books. Hay traducción española de Enrique Hegewicz para la editorial Gedisa, Barcelona (1981). El párrafo citado se encuentra en la página 19 de esta versión española. Otras obras fundamentales para tratar de esta cuestión son BURY, John B. (1920) *The idea of progress*, con versión española (*La idea del progreso*) de Elías Díaz y Julio Rodríguez Aramberri para Alianza editorial (1971), y DELVAILLE, Jules (1910) *Essai sur l'histoire de l'idée de progrès jusqu'à la fin du XVIIIe siècle*, Paris, Félix Alcan, descargable de la web de la Biblioteca Nacional francesa (gallica.bnf.fr).

13 ROSSI, Paolo (1962) *I filosofi e le macchine (1400-1700)*, Milan, Feltrinelli. Hay traducción española de José Manuel García de la Mora para editorial Labor, Barcelona (1966), en cuya página 67 se encuentra el párrafo transcrito.

aunque combatido desde muchos ángulos y por varias razones, aparece aún presente y operante en la cultura del mundo contemporáneo. Que la ciencia sea un lento construir nunca acabado y al que todos, según sus fuerzas y capacidades, pueden aportar su contribución; que al progreso de la ciencia le sea esencial la colaboración y la cooperación y, por ende, la creación de apropiados 'institutos' sociales y lingüísticos; que la investigación científica tenga como fin no el provecho de una sola persona, de una raza o de un grupo, sino el de todo el género humano; que en cualquier caso importe más el desarrollo y el crecimiento de la investigación misma que el de las personas que la pongan en acto: estos puntos de vista, que hoy han pasado a ser verdades de sentido común, son algunos de los componentes esenciales de una manera de ver la ciencia que tiene precisos orígenes históricos. No la han visto así, en efecto, ni las grandes concepciones religiosas orientales, ni la vio de este modo la antigüedad clásica, ni tampoco la Escolástica medieval. Esta idea de la ciencia vino a producirse en Europa, como el resultado más típico de la civilización occidental moderna, entre mediados del siglo XVI y mediados del siglo XVII”.

Sobre la cuestión de cuándo aparece históricamente la idea de progreso ambos pensadores difieren. Para Rossi, siguiendo a Zilsel¹⁴, el nacimiento del concepto está ligado a la aparición de un tipo nuevo de cultivador de la ciencia y de la técnica, el artesano ilustrado o ingeniero del Renacimiento, bien distinto del técnico empírico iletrado y del sabio escolástico alejado de toda práctica. Nisbet, por el contrario, sitúa el origen de la idea de progreso mucho más atrás, en la antigüedad greco-romana¹⁵, y rastrea su presencia en los primeros cristianos, en San Agustín y en la Escolástica. Pero en lo que ambos autores están de acuerdo es en atribuir a Leibniz una notable contribución al avance y consolidación del concepto.

Para Rossi, que pone el énfasis en los ingenieros renacentistas, Leibniz sería un firme defensor de la idea de progreso por apoyar las tesis de Francis Bacon, admiradoras de las teorías del trabajo de los técnicos y de los mecánicos, así como de la necesidad de los conocimientos útiles para toda la humanidad. En su “Discours touchant la méthode de la certitude et de l’art d’inventer pour finir les disputes et pour faire en peu de temps des grands

14 ZILSEL, Edgard (1957) “The genesis of the concept of scientific progress”, en: WIENER, Ph.; NOLAND, A. (ed.) *Rought of scientific thought. A cultural perspective*, New York, Basic books.

15 En la *Teogonia* de Hesiodo (siglo VIII a. C.).

progrès”, escrito entre 1688 y 1690, Leibniz propone efectuar un inventario general de todos los conocimientos humanos, tanto de los escritos como de los no escritos, “que se encuentran dispersos entre los hombres de diversas profesiones”, entre los cuales Leibniz menciona expresamente a los mecánicos, pero también a los cazadores, pescadores, marinos, comerciantes y viajeros. “Si una sola de las artes se perdiese –prosigue– no bastarían para poner remedio todas nuestras bibliotecas”. Este empeño de inventario enciclopédico de todos los conocimientos y de todas las artes no puede ser realizado más que por una universal “república de los espíritus”, es decir, por el conjunto de la especie humana, y no por un individuo genial o por una secta.

Por su parte, Nisbet destaca la influencia de la concepción leibniziana del progreso en algunos de los principales pensadores de los siglos siguientes:

“Leibniz logró establecer una metafísica tan amplia y flexible, y tan a tono con las ideas de crecimiento, desarrollo y evolución, que su influencia en la formulación de las diversas ideas del progreso se extendería no sólo durante el siglo XVIII sino también durante el XIX. Comte, Marx e incluso Darwin citaron a Leibniz en momentos importantes de la exposición de sus ideas”.

A Turgot se le atribuye la paternidad de la idea moderna de progreso, a raíz de un discurso que pronunció el 11-XII-1750 en la Sorbona, “Tableau philosophique des progrès successifs de l’esprit humain”¹⁶. Para Turgot es precisamente el progreso lo que diferencia la historia humana de la historia de la naturaleza [traduzco del original]:

“Los fenómenos de la naturaleza, sometidos a leyes constantes, están encerrados en un círculo de revoluciones siempre iguales; todo renace, todo perece; y en estas generaciones sucesivas mediante las cuales los vegetales y los animales se reproducen, el tiempo no hace más que devolver en cada instante la imagen de lo que ha hecho desaparecer.

La sucesión de los hombres, por el contrario, ofrece de siglo en siglo un espectáculo siempre variado. La razón, las pasiones, la libertad producen sin cesar nuevos acontecimientos. Todas las épocas están encadenadas unas con otras por una serie de causas y efectos que vinculan el estado presente del mundo

16 Este discurso está incluido en el tomo primero de las *Oeuvres de Turgot*, editadas y anotadas en 1913 por Gustave Schelle, Paris, Librairie Félix Alcan, 214-245. Puede descargarse de la web de la Biblioteca Nacional francesa.

con todos los que le han precedido. Los signos arbitrarios del lenguaje y de la escritura, proporcionando a los hombres el medio de asegurarse de la posesión de sus ideas y de comunicárselas a los demás, han constituido con todos los conocimientos particulares un tesoro común que cada generación transmite a las otras, así como una herencia siempre aumentada por los descubrimientos de cada siglo; y el género humano, considerado desde su origen, aparece ante los ojos del filósofo como un todo inmenso que, él también, tiene, como cada individuo, su infancia y sus progresos”.

Digamos, casi entre paréntesis, que estas últimas palabras de Turgot nos recuerdan poderosamente al hermoso fragmento de Pascal¹⁷ de 1647, que están consideradas como una de las más tempranas y mejores definiciones de la idea de progreso [traduzco del original]:

“No solamente cada uno de los hombres progresa cada día en las ciencias, sino que además el conjunto de los hombres realiza un progreso continuo a medida que el universo envejece, porque ocurre lo mismo en la sucesión de los hombres que en las diferentes edades de un hombre particular. De manera que toda la sucesión de los hombres, durante el curso de tantos siglos, debe ser considerada como un mismo hombre que existe siempre y que aprende continuamente”.

Volviendo al discurso de 1750, Turgot pasa revista a los progresos del espíritu humano, desde la invención del lenguaje, de la poesía, de la música, de las letras de cambio, hasta los más recientes para su época [el siglo de Luis XIV], en el campo de las matemáticas, de las ciencias y de las artes. Y en la culminación de este progreso destaca la obra de dos grandes genios:

“Finalmente, todas las sombras se han disipado: ¡qué luz brilla por todas partes! ¡qué muchedumbre de grandes hombres en todos los géneros! ¡qué perfección de la razón humana! Un hombre [Newton] ha sometido el infinito al cálculo, ha desvelado las propiedades de la luz que, iluminándolo todo, parecía esconderse ella misma; ha colocado en la balanza a los astros, la tierra y todas

17 PASCAL, Blaise (1647) *Préface sur le traité du vide*. Está incluido en BRUNSCHVIGC, Léon; BOUTROUX, Pierre (ed.) (1923) *Oeuvres de Blaise Pascal*, vol. II, Paris, Hachette. Fue editado por primera vez en 1779, por el abate Charles Bossut, con el título de “De l'autorité en matière de philosophie”, *Oeuvres de Blaise Pascal*, tomo II, La Haye, 1-12 (este libro se encuentra en la red, y puede descargarse de Google Books).

las fuerzas de la naturaleza.

Este hombre ha encontrado un rival. Leibniz abarca en su amplia inteligencia todos los objetos del espíritu humano. Las diferentes ciencias, encerradas al principio en un pequeño número de nociones simples, comunes a todas, no pueden ya, cuando por su propio progreso se han convertido en más extensas y más difíciles, ser abordadas más que separadamente; pero un progreso aún mayor vuelve a aproximarlas, porque se descubre esta dependencia mutua de todas las verdades que, encadenándolas entre sí, las ilumina a una por la otra: porque si cada día añade algo a la inmensidad de las ciencias, cada día las convierte en más fáciles, porque los métodos se multiplican con los descubrimientos, porque el andamio se eleva con el edificio”.

No era nueva esta admiración de Turgot hacia Leibniz. Dos años antes, en su “Recherches sur les causes des progrès et de la décadence des sciences et des arts”¹⁸, analizaba el hilo conductor que llevaba desde Francis Bacon a Leibniz, pasando por las aportaciones al progreso del espíritu humano de Descartes, Galileo y Newton. Del sabio de Leipzig escribía lo siguiente:

“Leibniz, genio vasto y conciliador, quiso que sus obras se convirtiesen en un centro en el que se reunirían todos los conocimientos humanos. Quiso reunir a la vez todas las ciencias y todas las opiniones. Quiso resucitar los sistemas de todos los antiguos filósofos. Quiso hacer con la Teodicea lo mismo que Pedro [Pedro el Grande, zar de Rusia] con Petersburgo, lo mismo que un hombre que con las ruinas de todos los edificios de la antigua Roma quisiese construir un palacio regular”.

Pero el gran impulsor de la idea de progreso durante el siglo XVIII fue Condorcet, seguidor y ferviente admirador de Turgot, de quien escribió una elogiosa biografía¹⁹. En su *Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain*²⁰, escrito terminado apresuradamente en 1794 y publicado póstuma-

18 Incluido también en el citado primer tomo de las *Oeuvres de Turgot* editadas por Gustave Schelle, 116-142. El apartado X de este texto, “De Bacon à Leibniz”, en 134-135.

19 *Vie de monsieur Turgot, attribuée à Condorcet*. Editada en 1786 en Londres (digitalizada en gallica.bnf.fr).

20 Una versión digitalizada del original francés de 1794 (an III) puede encontrarse en la ya mencionada web de la Biblioteca Nacional francesa, y otra versión digitalizada moderna puede descargarse en la web de la Université du Québec. Las líneas que reproduzco más adelante proceden de la edición española de Antonio Torres del Moral y Marcial Suárez:

mente al año siguiente, Condorcet traza un esquema de las fases seguidas por la humanidad en su progreso desde la barbarie primitiva hasta las luces de la Revolución francesa. Aspira a mostrar por el razonamiento y por los hechos que

“... no hay marcado ningún término al perfeccionamiento de las facultades humanas; que la perfectibilidad del hombre es realmente indefinida; que los progresos de esta perfectibilidad, independientes de todo poder que quisiera detenerlos, no tiene ningún otro término que la duración del globo en que nos ha lanzado la naturaleza”.

Al pasar revista a las personalidades individuales que más habían aportado al progreso del espíritu humano a lo largo de su historia, Condorcet incluía a Leibniz entre quienes lo habían hecho durante la novena (y penúltima) fase de ese proceso²¹. Condorcet describía de este modo lo mas significativo de la filosofía de Leibniz y su teoría optimista:

“En Alemania un hombre de vasto y profundo genio asentaba las bases de una doctrina nueva. Su imaginación ardiente, audaz, no pudo descansar en una filosofía modesta que permitiera que subsistiesen dudas acerca de las grandes cuestiones de la espiritualidad o de la persistencia del alma humana, de la libertad del hombre o de la de Dios, de la existencia del dolor y del crimen en un universo regido por una inteligencia todopoderosa, cuya sabiduría, justicia y bondad parecen infinitas. Cortó el nudo que un sabio análisis no habría podido desatar. Compuso el universo de seres simples, indestructibles, iguales por su naturaleza. Las relaciones de cada uno de esos seres con cada uno de los que entran con él en el sistema del universo determinan sus cualidades, por las que difiere de todos los demás; el alma humana y el último átomo que completa un bloque de piedra son, cada uno de ellos, uno de esos seres iguales. Sólo se diferencian por el distinto lugar que ocupan en el orden del universo. Entre todas las posibles combinaciones de esos seres, una inteligencia infinita

CONDORCET (1980) *Bosquejo de un cuadro histórico de los progresos del espíritu humano*, Madrid, Editora Nacional, 193-194.

21 La novena fase o época abarcaba “desde Descartes hasta la formación de la República francesa. La décima y última etapa se refería a los futuros progresos del espíritu humano, y en ella desarrollaba sus propias propuestas para ese progreso: “la destrucción de la desigualdad entre las naciones, los progresos de la igualdad en un mismo pueblo y, en fin, el perfeccionamiento real del hombre”.

ha preferido una, y sólo ha podido preferir una, la más perfecta. Si la que existe nos aflige por el espectáculo de la desgracia y del crimen, es que cualquier otra combinación habría ofrecido resultados más dolorosos todavía”.

Sin embargo, a pesar de estas palabras admirativas, para Condorcet la doctrina optimista leibniziana habría contribuido, a través de sus seguidores en Alemania y en Inglaterra, a “retrasar los progresos de la filosofía”.

Durante la primera mitad del siglo XIX siguieron apareciendo sistemas filosóficos de carácter metafísico, pero a mediados de siglo se reforzaría la corriente anti-metafísica con la irrupción del positivismo y del marxismo. Ambas corrientes ponen el énfasis en la transformación de la sociedad, y enlazan con la idea de progreso.

Auguste Comte, en su *Discours sur l'esprit positif* (1844), sigue la línea de Condorcet al establecer una ley o periodización en la evolución intelectual de la humanidad: su ley de los tres estados, el teológico, el metafísico y el positivo.

“En el estado teológico o ficticio (subdividido a su vez en tres fases, fetichismo, politeísmo y monoteísmo) la inteligencia humana busca el origen de todas las cosas, las causas esenciales, los conocimientos absolutos; este pensamiento teológico se ve obligado a recurrir a la intervención directa y permanente de una acción sobrenatural cada vez que se intente llegar a la causa primera de un hecho cualquiera. En el estado metafísico o abstracto las especulaciones dominantes conservan la tendencia a los conocimientos absolutos. La metafísica, como la teología, trata de explicar la naturaleza íntima de los seres, el origen y el destino de todas las cosas, el modo esencial de producción de todos los fenómenos, pero en lugar de operar con los agentes sobrenaturales propiamente dichos, los reemplaza cada vez más por esas entidades o abstracciones personificadas, cuyo uso ha permitido a menudo designarla con el nombre de ontología. La metafísica no es pues más que una especie de teología gradualmente debilitada por simplificaciones disolventes. Puede pues considerarse el estado metafísico como una especie de enfermedad crónica inherente por naturaleza a nuestra evolución mental, individual o colectiva, entre la infancia y la virilidad. Finalmente, en el estado positivo o real, el carácter principal consiste en la ley de subordinación de la imaginación a la observación, sin dejar ésta no obstante de ejercer en las especulaciones positivas un oficio tan capital como inagotable para crear o perfeccionar los medios de relación. La revolución

fundamental consiste en substituir en todo la inaccesible determinación de las causas propiamente dichas por la simple averiguación de las leyes, o sea de las relaciones constantes que existen entre los seres observados”.

Considerados, pues, los grandes sistemas metafísicos como aproximaciones inmaduras al estado positivo al que había finalmente llegado la evolución intelectual de la humanidad, la influencia de Leibniz en la filosofía occidental decayó notablemente. La merma de consideración que sufrió su metafísica no fue obstáculo, sin embargo, para que otros aspectos de su obra cobrasen creciente importancia con los progresos de la lógica y de las matemáticas.

4.- Leibniz en la obra de los algebrizadores de la lógica y en los fundadores de la matemática.

Algunos aspectos de la obra de Leibniz fueron rescatados por quienes, también durante el siglo XIX, trataban de fundamentar lógicamente las matemáticas. Leibniz (y otros, como Lambert) había intentado integrar al corpus lógico los nuevos instrumentos de conocimiento que en su época se estaban elaborando (el análisis infinitesimal), pero en su momento los resultados no llegaron muy lejos. Como nos expresamos y pensamos mediante palabras –razonaba Leibniz– la elaboración de una lengua a partir de las verdaderas definiciones de los conceptos permitiría llegar a una *Caracteristica universalis*²², en la cual toda verdad sería obtenida por combinación, es decir, por síntesis de verdades primitivas, evitando la lengua natural y sus ambigüedades. Leibniz pensaba que la silogística había sido un primer intento en esa dirección²³:

22 Puede verse toda la amplitud de este proyecto leibniziano en ECHEVERRÍA, Javier (1996) “La ciencia leibniziana”, *Thémata. Revista de filosofía*, núm. 17 (“La ciencia de los filósofos”), 127-144.

23 LEIBNIZ (1704) *Nouveaux essais sur l’entendement humain*. Publicados por vez primera en 1765 por Rudolf Erich Raspe, con el título *Oeuvres philosophiques latines & françaises de feu M. de Leibnitz, tirées de ses manuscrits qui se conservent dans la Bibliothèque Royale à Hanovre, et publiées par M. Rud. Eric Raspe*, Amsterdam et Leipzig, 1765. Esta obra se encuentra digitalizada en la red (<https://archive.org/details/oeuvresphilosoph00leibuoft>, 24-VII-2016; también en gallica.bnf.fr). El texto que incluyo está en el libro IV, capítulo XVII. Yo lo he tomado de la traducción de Javier Echeverría para la Editora Nacional (1983), 583.

“Mantengo que la invención de la forma de los silogismos es una de las más hermosas del espíritu humano, e incluso también una de las más considerables. Es una especie de matemática universal cuya importancia no es suficientemente conocida; se puede afirmar que en ello va implícito un arte de infalibilidad, siempre que se sepa y que se pueda utilizarlos bien, lo cual no siempre está permitido”.

Los progresos del álgebra durante el siglo XVI indujeron a Leibniz a esperar la puesta en marcha de una escritura racional, *ars characteristica sive lingua rationalis*, que por su generalidad superaría los números y las cantidades. Disponiendo de buenas definiciones y de operaciones para combinarlas, bastaría con calcular para establecer todas las verdades, de ahí su “*Calculamus*” que pondría fin a todas las controversias²⁴.

La idea de Leibniz de representar el razonamiento lógico mediante cálculos matemáticos fue recogida por George Boole²⁵, un matemático autodidacta que consiguió construir un sistema algebraico para resolver los problemas de la lógica. En 1847 publicaría su *The mathematical analysis of logic*, en el que proporcionaba, por primera vez en la historia, una descripción de la lógica bajo la forma de un cálculo. En 1854 vería la luz su *An investigation of the laws of thought on which are founded the mathematics theories of logic and probabilities*, en la que Boole muestra que los razonamientos reposan sobre leyes, que estas leyes nos son accesibles e incluso dominables pues presentan un aspecto de tipo algébrico que permite hacer aparecer una forma de ciencia matemática²⁶:

“Que la lógica, como ciencia, sea susceptible de amplias aplicaciones es algo admitido, pero es igualmente cierto que sus formas y procedimientos últimos son matemáticos”.

24 El proceso de elaboración por parte de Leibniz de la lengua universal y de la característica universal está extensamente descrito en los capítulos III y IV de COUTURAT, Louis (1901) *La logique de Leibniz*, libro del que trataré en un próximo apartado. Para una visión histórica más completa de los diversos proyectos de lengua universal véase ROSSI, Paolo (1983) *Clavis Universalis. Arti della memoria e logica combinatoria da Lullo a Leibniz*, Bologna, Il Mulino. Hay traducción española de Esther Cohen para el Fondo de Cultura Económica, México, 1989.

25 LE MIGNOT, Alain (2011) “Avant et après Boole, l’émergence de la logique moderne”, *CultureMATH*, ENS Paris.

26 BOOLE (1854), 12. Citado por LE MIGNOT (2011), 36. Este autor es de la opinión de que lo que hace Boole no es algebrizar la lógica, como se suele decir habitualmente, sino poner en evidencia que una forma especial de álgebra puede tratar rápida, sistemáticamente y sin error los problemas planteados por la lógica. Pero esta discusión nos desviaría ahora de nuestro camino...

La discusión acerca de la auténtica influencia de la lógica leibniziana en la configuración de la lógica durante el siglo XIX es un tema todavía abierto²⁷. Recordemos que Leibniz publicó muy poco en vida, y que una de las primeras ediciones de sus obras, la que hizo en 1765 Rudolf Erich Raspe, contenía una de sus obras más importantes –*Nouveaux essais sur l'entendement humain*, escrita en 1704, pero inédita hasta ese momento–, pero incluía muy pocos de sus escritos de carácter lógico²⁸, que sólo serían conocidos adecuadamente tras su publicación por Louis Couturat a principios del siglo XX.

En 1840 Johann Eduard Erdmann publicó la *Opera Philosophica Omnia*²⁹ de Leibniz, que incluía unos textos, hasta entonces inéditos, relativos al cálculo lógico. Entre ellos figuraba la carta de Leibniz a Gabriel Wagner (1696), que contiene la definición leibniziana de la lógica o del arte de razonar como el arte de usar el intelecto, es decir, no sólo de evaluar lo imaginable sino también de descubrir o de inventar lo que está oculto. La edición también contenía los escritos “Specimen desmonstrandi in abstractis” y “Non inelegans specimen demonstrandi in abstractis”, que constituyen la muestra fundamental de los intentos de Leibniz para formular su cálculo lógico.

Indudablemente la difusión de la edición de Erdmann modificó el impacto de la obra leibniziana sobre los estudiosos de la lógica y de las ciencias en general. Pero, en cualquier caso, como decíamos, la polémica sobre el impacto de Leibniz sobre los creadores de la nueva lógica sigue abierta. Volker Peckhaus, en el artículo que hemos citado, concluye afirmando que la nueva lógica emergente en la segunda mitad del siglo XIX se creó dentro de un espíritu leibniziano, pero que Leibniz no ejerció sobre los autores más determinantes (Boole, Schröder...) una influencia inicial:

“No doubt, the new logic emerging in the second half of the 19th century was created in a Leibnizian spirit. The essentials of Leibniz’s logical and meta-physical program and of his idea concerning a logical calculus were available at least since the 1840s. Erdmann’s edition of the philosophical works and

27 Véase PECKHAUS, Volker (2014) “Leibniz’s influence of the 19th century logic”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. El artículo puede ser consultado en la red (yo lo hice el 19-I-2016) en la dirección siguiente: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/leibniz-logic-influence/>

28 *Difficultates quaedam logicae e Historia et commendatio linguae charactericae universalis quae similis sit ars inveniendi et iudicandi.*

29 El título completo es *God. Guil. Leibnitii opera philosophica quae exstant Latina Gallica Germanica omnia*. Esta obra se encuentra en la red, digitalizada por Google Books.

Trendelenburg's presentation of Leibniz's semiotics were the most important steps towards the further reception of Leibnizian ideas among mathematical logicians at the end of the 19th century. As soon as these logicians became aware of Leibniz's ideas, they recognized Leibniz's congenial affinity and accepted his priority. But the logical systems had basically been already established. Therefore there was no initial influence of Leibniz on the emergence of modern logic in the second half of the 19th century".

En otro artículo publicado al año siguiente³⁰, Peckhaus prosigue la discusión presentándola como contraposición de dos tesis opuestas: "1.- Leibniz no tuvo impacto en la lógica moderna porque sus contribuciones no fueron conocidas; 2.- Leibniz tuvo un impacto en la emergencia de la lógica moderna". No podemos analizar detalladamente esta interesante polémica, nos limitaremos a señalar alguna referencia (y algún argumento) por cada una de las posturas antagónicas, señaladas por el propio Peckhaus. Wolfgang Lenzen³¹ otorga a Leibniz el título de "lógico más importante que ha existido entre Aristóteles y Frege", pero a pesar de ello afirma que no jugó papel alguno en la historia de la lógica, ya que la obra que recoge la teoría lógica madura de Leibniz –*Generales inquisitiones de analysi notionum et veritatum*– solamente fue conocida tras la publicación por Couturat en 1901 y en 1903 de los escritos y fragmentos de Leibniz dedicados a la lógica, de los que hablaremos en un próximo apartado.

Por el contrario, Eric J. Aiton³² afirma que el proyecto leibniziano de característica universal y el cálculo lógico resultante del mismo "jugaron un papel significativo en la historia de la lógica", y Franz Schupp³³ sostiene que "más allá de ser considerada históricamente como una ingeniosa anticipación, la

30 PECKHAUS, Volker (2012) "The reception of Leibniz's logic in 19th century german philosophy", en KRÖMER, R.; CHIN-DRIAN, Y. (ed.) *New essays on Leibniz reception in science and philosophy of science 1800-2000*, Basel, Birkhäuser, 13-24.

31 LENZEN, Wolfgang (2004) "Leibniz's logic", en GABBAY, Dov M.; WOODS, John (ed.) *Handbook of the history of logic*, vol. 3 (*The rise of modern logic. From Leibniz to Frege*), Amsterdam, Elsevier North Holland, 1-83. Para Lenzen el álgebra de conceptos que Leibniz desarrolló en su *Generales inquisitiones de analysi notionum et veritatum* de 1686 es equivalente o isomorfo al álgebra de conjuntos, con lo que si Leibniz hubiese formulado un conjunto de axiomas para su teoría "habría descubierto el álgebra de Boole 160 años antes que Boole"...

32 AITON, Eric J. (1985) *Leibniz. A biography*, Bristol/Boston, Adam Hilger.

33 SCHUPP, Franz (1988) "Einleitung. Zu II. Logik", en HEINEKAMP, A.; SCHUPP, F. (ed.) *Leibniz' logik und metaphysik*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Citado por PECKHAUS (2012).

lógica de Leibniz podría haber sido relevante para el desarrollo de la lógica moderna”.

En opinión de Peckhaus, son los partidarios de la segunda tesis quienes parecen llevar ventaja, ya que ayudan a explicar por qué los propios pioneros de la lógica moderna se refirieron a Leibniz. Mary Everest Boole (la viuda de George Boole) escribió que “su marido sentía como si Leibniz hubiese venido y le hubiese estrechado la mano a través de los siglos”, después de conocer las anticipaciones leibnizianas de su propia lógica³⁴:

“Someone wrote to my husband to say that in reading and old treatise by Leibniz (who lived at the same time as Newton) he had come upon the same formula which the Cambridge people call ‘Boole’s Equation’. My husband looked up Leibniz and found this equation there, and was perfectly delighted; he felt as if Leibniz had come and shake hands with him across the centuries”.

Y añade Laita en su artículo de 1980:

“It is difficult to say what of Leibniz Boole did ‘look up’, and it is hard to see how he could find ‘his’ equation in any of the then available leibnizian works. Perhaps what he saw was simply that another had already attempted a mathematization of logic along a line similar to his”.

Laita hace notar que Boole sólo menciona una vez a Leibniz en su *The laws of thought* (1854), para aplaudir que, como el propio Boole, haya asignado al principio de contradicción un lugar fundamental en la lógica. Todo ello, junto con los escritos de Mary Everest, le hacen a Laita estar convencido de que Boole no estuvo influido por las ideas de Leibniz cuando formuló sus nuevas teorías. Esto lleva a Peckhaus, en su segundo artículo, a reafirmarse en sus conclusiones anteriores: espíritu leibniziano, o reconocimiento del valor de sus anticipaciones por parte de los protagonistas de la nueva lógica decimonónica, sí; pero el proceso creativo de estos últimos no habría sido

34 Escrito por Mary Everest Boole en 1905, según se explica en LAITA, Luis María (1976) *A study of the genesis of boolean logic*, tesis de Ph. D., University of Notre Dame. He consultado también un artículo posterior, LAITA, Luis María (1980) “Boolean algebra and its extra-logical sources: the testimony of Mary Everest Boole”, *History and Philosophy of Logic*, 1: 1-2, 37-60. Laita analiza profusamente el relato que hace Mary Everest de las influencias religiosas en el pensamiento de George Boole (su original “unitarismo”), y la caracterización que hace de la construcción de la nueva lógica como “una revelación”.

influenciado por Leibniz.

Por otro lado, también es perceptible la influencia de Leibniz sobre quienes protagonizaron el proceso de la fundamentación de la matemática a finales del siglo XIX y comienzos del XX, especialmente sobre Frege. Gottlob Frege³⁵ está considerado como el mayor renovador de la lógica desde Aristóteles, especialmente por sus trabajos para establecer de manera sólida los fundamentos lógicos y filosóficos de la aritmética. La primera de sus publicaciones con esos objetivos fue *Begriffsschrift*, que suele traducirse por Ideografía o *Conceptografía*³⁶, que establecía un nuevo simbolismo diseñado para resaltar con claridad las relaciones lógicas que oculta el lenguaje ordinario. Esta obra contenía la primera formulación sistemática del cálculo proposicional, presentado en forma axiomática de modo que todas las leyes de la lógica son derivadas, mediante un método especificado de inferencia, a partir de un cierto número de principios primitivos. La mayor contribución de Frege a la lógica fue su teoría de la cuantificación, y su cálculo funcional (o de predicados) que sentó las bases de todos los subsiguientes desarrollos en lógica y formalizó la teoría de la inferencia de modo más riguroso y general que la silogística aristotélica. Su propósito no es sólo enseñar cómo es posible utilizar la lógica de manera matemática, sino mostrar además que la lógica y la matemática están mucho más estrechamente unidas entre sí de lo que hasta entonces se había pensado³⁷.

La “música” de estos propósitos de Frege nos recuerda poderosamente a Leibniz. Y, en efecto, en la introducción de la *Conceptografía* hay una mención explícita a ello³⁸:

“También Leibniz conoció la ventaja de un modo de simbolización adecuado. Su idea de una característica general, de un calculus philosophicus o racio-

35 La bibliografía sobre Frege es infinita. Para una sencilla y rápida introducción para no especialistas es muy adecuado KENNY, Anthony (1995) *Frege. An introduction to the founder of modern analytic philosophy*, London, Penguin Philosophy. Existe versión española de Carmen García Trevijano (con el título *Introducción a Frege*), Madrid, ediciones Cátedra, 1997. Los párrafos que siguen están basados sobre todo en la presentación fregiana que hace Kenny.

36 FREGE, Gottlob (1879) *Begriffsschrift, eine der arithmetischen nachgebildete formelsprache des reinen denkens*, Halle, Verlag von Louis Nebert (descargable en gallica.bnf.fr). Existe traducción española de Hugo Padilla, *Conceptografía, los fundamentos de la aritmética y otros estudios filosóficos*, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filosóficas, 1972.

37 KENNY (1997), 16-17.

38 Versión española de Hugo Padilla, 4.

cinator, era tan gigantesca que el intento de desarrollarla hubo de quedarse en los meros preparativos. El entusiasmo que prendió en su creador cuando ponderó el inmenso incremento de la capacidad mental humana que podría surgir de un método de simbolización apropiado a las cosas mismas, lo hizo estimar demasiado estrechamente las dificultades que se oponen a una empresa así. Pero si tampoco se puede alcanzar tan alta meta en un intento, no hay que desesperar de obtener una aproximación más lenta, paso a paso. [...] En los símbolos aritméticos, geométricos, químicos, se pueden ver realizaciones de la idea leibniziana respecto a campos particulares”.

Pero el objetivo a largo plazo de Frege era mostrar que la aritmética podía ser formalizada sin tener que recurrir a ningún tipo de nociones o axiomas no lógicos, pues estaba basada únicamente en leyes generales que son operativas en cualquier esfera del conocimiento y no requieren la menor apoyatura en hechos empíricos. Aunque la *Conceptografía* ya contenía una parte del trabajo preparatorio para la reducción de la aritmética a la lógica, fue en *Los fundamentos de la aritmética*³⁹ (1884) donde Frege desarrollaría extensamente su tesis. Ahí muestra cómo reemplazar la noción aritmética general de número por nociones lógicas tales como concepto, objeto que cae bajo un concepto, equivalencia entre conceptos, extensión de un concepto. Frege presentaba definiciones, en términos puramente lógicos, de los números cero y uno, y de la relación que cada número tiene de su predecesor en la serie numérica. A partir de estos elementos, juntamente con las leyes generales de la lógica, Frege ofrecía derivar toda la teoría de números.

En *Los fundamentos de la aritmética* aparece mencionado Leibniz en diversas ocasiones; en particular menciona Frege su demostración de que “ $2 + 2 = 4$ ”, que está en los *Nouveaux essais sur l’entendement humain*, demostración realizada por Leibniz mediante las definiciones de los números 1, 2, 3... y de un único axioma (“si se reemplaza una cosa por otra igual, la igualdad persiste”)⁴⁰. Esto

39 FREGE, Gottlob (1884) *Die grundlagen der arithmetik: eine logisch matematische untersuchung über den begriff der zahl*, Breslau, Verlag von Wilhelm Koebner. Existe versión española de Ulises Moulines, con prólogo de Jesús Mosterín, *Fundamentos de la Aritmética. Investigación lógico-matemática sobre el concepto de número*, Barcelona, editorial Laia, 1972.

40 Esta demostración está en la página 379 de la primera edición de esta obra, la que hizo Raspe en 1765. En la versión española de ECHEVARRÍA, Javier (1983) *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*, Madrid, Editora Nacional, está en la páginas 496-497. Frege señalaba justamente que en la demostración de Leibniz faltaba añadir la propiedad de la asociatividad de la suma.

significa, decía Frege, que todo número se define por medio de su predecesor. Así puede reducirse el conjunto infinito de los números al número 1 y al incremento en una unidad, y cada una de las infinitas fórmulas numéricas puede ser probada a partir de unas pocas proposiciones generales.

También destaca Frege que, como él mismo,

“Leibniz cree que las verdades necesarias como las que se encuentran en la aritmética deben tener principios, cuya demostración no dependa de los ejemplos y, por tanto, tampoco del testimonio de los sentidos, aunque ciertamente sin los sentidos a nadie se le hubiera ocurrido pensar en ellos. ‘Toda la aritmética nos es innata y está en nosotros de modo virtual’. En qué sentido usa la expresión ‘innato’ lo aclara en otro pasaje: ‘No es cierto que todo lo que se aprende no es innato; las verdades de los números están en nosotros, y no por ello dejamos de aprenderlas, ya sea porque se las arranque de su origen, cuando son aprendidas por demostración (lo cual demuestra precisamente que son innatas), ya sea...’.”

En este párrafo, las citas de Leibniz que menciona Frege se encuentran en diversos lugares de los *Nouveaux essais*, y Frege señala sus referencias en relación a la edición de Erdmann de 1840, que ya hemos mencionado. Más adelante, Frege vuelve a mostrar sus coincidencias con Leibniz:

“Que las aseveraciones de Leibniz sólo pueden interpretarse a favor de la naturaleza analítica de las leyes numéricas, se desprende de que para él lo a priori coincide con lo analítico. Así dice él que el álgebra debe sus ventajas a un arte muy superior, a saber, la verdadera lógica”.

De forma unánime los especialistas en la obra de Frege coinciden en alinearlos filosóficamente dentro de la tradición leibniziana.

5.- Russell y Couturat: reinterpretación de la obra de Leibniz.

En la charnela de los siglos XIX a XX se producirá un giro fundamental en la interpretación de la obra de Leibniz, gracias a los trabajos de Bertrand Russell y de Louis Couturat. En 1900 Russell publicaba la primera edición

de su *A critical exposition of the philosophy of Leibniz*⁴¹, donde formula su teoría de que la filosofía de Leibniz es casi por completo derivación de su lógica. Leibniz habría derivado su metafísica de la lógica de sujeto y predicado. De este modo, Russell interpretaba los grandes principios de la metafísica leibniziana (el principio de la razón suficiente, el principio de contradicción, la identidad de los indiscernibles, etc.) en clave de la lógica. Del mismo modo, Russell sostenía que la filosofía de Leibniz podía derivarse lógicamente de cinco premisas fundamentales, que formulaba, cuya incompatibilidad procedía después a demostrar.

La obra de Leibniz, a juicio de B. Russell, puede dividirse en dos partes: una, formada por los libros que publicó, que le presentan como un filósofo de corte clásico, culminación de la metafísica occidental, el representante más brillante de la *philosophia perennis*; otra, constituida por un gran número de trabajos inéditos o dispersos en su abundante correspondencia, la más avanzada y fecunda, compuesta por sus escritos lógicos. A esto deberían añadirse sus trabajos de historiador y jurista. De todas maneras, el elemento dominante en toda ella es la agudeza de ingenio, combinada con la acusada disposición lógica de su mente. Russell resumía su opinión global acerca de Leibniz de este modo:

“La importancia de Leibniz como filósofo desde 1900 se ha vuelto más evidente, a raíz del desarrollo de la lógica matemática y del simultáneo descubrimiento de sus manuscritos sobre este tema y otros afines. Su filosofía del mundo empírico es hoy sólo una curiosidad histórica, pero en el reino de la lógica y de los principios de la matemática muchos de sus sueños se han realizado, y han resultado, finalmente, algo más que las imágenes fantásticas que les parecieron a todos sus sucesores hasta nuestros días”.

En 1901, casi coincidiendo con la obra de Russell, Louis Couturat publicaba *La logique de Leibniz d'après des documents inédits*⁴², cuya conclusión esencial era que “la metafísica de Leibniz reposa únicamente sobre los principios de su Lógica, de la que procede en su totalidad”. Señalaba Couturat que

41 Existe versión española de la segunda edición (la de 1937), RUSSELL, Bertrand (1977) *Exposición crítica de la filosofía de Leibniz*, Buenos Aires, Ediciones Siglo Veinte.

42 COUTURAT, Louis (1901) *La logique de Leibniz d'après des documents inédits*, Paris, Félix Alcan éditeur (descargable de la web de la Biblioteca Nacional francesa).

“la lógica había sido la parte del sistema de Leibniz más desdeñada por los historiadores de la filosofía y de las matemáticas. Los filósofos, seducidos por su metafísica, prestaron poca atención a sus doctrinas puramente lógicas, y no estudiaron casi nada su proyecto de una Característica universal, sin duda a causa de la forma matemática que revelaba. Por su parte, los matemáticos habían visto en Leibniz al inventor del Cálculo diferencial e integral, y no se preocuparon de sus teorías generales sobre el valor y el alcance del método matemático, ni de sus intentos de aplicación del álgebra a la lógica, que ellos consideraban desdeñosamente como metafísica. Así, ni unos ni otros comprendieron plenamente los principios del sistema leibniziano, y no pudieron remontarse hasta la fuente de la que fluyen a la vez el Cálculo infinitesimal y la Monadología”.

Criticaba Couturat a quienes habían editado anteriormente las obras de Leibniz (especialmente a Gerhardt⁴³) por haberlas distribuido en Obras matemáticas y Obras filosóficas, como si se pudiese cortar en rebanadas la obra de un sabio enciclopédico, cuya filosofía se nutría de todas las ciencias y había inspirado a su vez todos sus descubrimientos científicos. Y esto era muy grave hacerlo con quien decía que “mi Metafísica es toda matemática” y “los matemáticos tienen tanta necesidad de ser filósofos como los filósofos de ser matemáticos”. Las ediciones anteriores, incompletas y unilaterales, habrían despreciado especialmente las obras de carácter lógico, casi todas ellas inéditas, que Couturat prometía publicar en breve.

La conclusión de que la metafísica de Leibniz reposaba completamente en su lógica la encontraba Couturat corroborada “por un admirable fragmento inédito en el que Leibniz resumía en cuatro páginas toda su metafísica”, deduciéndola del *principio de razón* que formulaba rigurosamente así: “en toda proposición verdadera, universal o singular, necesaria o contingente, el predicado está contenido en el sujeto; en otras palabras, toda verdad es reductible a una proposición idéntica, y debe poder demostrarse *a priori* mediante el análisis de sus términos”. A partir de aquí Leibniz deducía primero el *principio de simetría* y el *principio de los indiscernibles*, y después toda una serie de consecuencias metafísicas:

43 En 1849-1863 Karl Immanuel Gerhardt había publicado en Berlín *Mathematische schriften* y en 1875-1890 *Die philosophischen schriften*.

“Ya no hay denominaciones puramente extrínsecas; la noción completa de una sustancia individual envuelve a todos sus predicados pasados, presentes y futuros, y por consiguiente al universo entero, con todos sus estados sucesivos; todas las sustancias creadas no son sino expresiones diversas de un mismo universo; una sustancia individual ejerce sobre todas las demás una acción física, pero no una acción metafísica, de donde se deduce la hipótesis de la armonía preestablecida; no existen ni el vacío ni los átomos, toda parcela de materia está actualmente⁴⁴ dividida hasta el infinito; no hay en los cuerpos ninguna figura actual determinada; el espacio, el tiempo y el movimiento no son sino fenómenos verdaderos; la sustancia de los cuerpos es una forma análoga al alma; finalmente, ninguna sustancia puede nacer ni perecer de modo natural”.

Como puede verse –proseguía Couturat– todas las tesis esenciales de la Monadología derivan de este único *principio de razón* cuyo sentido exacto y preciso es el siguiente: “Toda verdad es analítica”.

“En consecuencia todo en el mundo debe ser inteligible y demostrable lógicamente mediante puros conceptos, y el único método de las ciencias es la deducción. A esto puede llamársele el postulado de la inteligibilidad universal. La filosofía de Leibniz aparece así como la expresión más completa y sistemática del racionalismo intelectualista: existe un acuerdo perfecto entre el pensamiento y las cosas, entre la naturaleza y el espíritu; la realidad es enteramente penetrable por la razón, porque ella está penetrada de razón. Para caracterizar esta metafísica mediante una palabra, es un panlogismo. Esta palabra es suficiente para señalar el lugar capital que la lógica debe ocupar en el sistema de Leibniz”.

Finalizaba Couturat la presentación de su trabajo de 1901 explicando cuáles habían sido los propósitos iniciales del mismo, y de qué modo había llegado a su impactante conclusión:

“Por nuestra parte, esta conclusión no era ni buscada ni incluso prevista: hemos llegado a ella sin quererlo y casi a nuestro pesar. Nosotros nos proponíamos sencillamente estudiar a Leibniz como precursor de la lógica algorítmica moderna, analizar su Cálculo lógico y su Cálculo geométrico, y reconstituir la

⁴⁴ Es decir, realmente, no sólo potencialmente.

idea de su Característica universal. Pero cuando hemos querido remontar hasta los principios filosóficos de estas teorías, nos hemos dado cuenta, por un lado, que procedían de la concepción original que Leibniz se hacía de la Matemática universal, y de su invención juvenil de la Combinatoria; por otro lado, que esas teorías se vinculaban estrechamente con sus ensayos de Lengua universal, así como a su gran proyecto de Enciclopedia demostrativa que le ocupó toda su vida. Finalmente nos dimos cuenta de que Leibniz deducía todas sus tesis filosóficas de los principios de su Ciencia general, es decir, de su Metodología. De este modo fuimos conducidos a descubrir que su Lógica era no solamente el corazón y el alma de su sistema, sino el centro de su actividad intelectual y la fuente de todas sus invenciones, y a reconocer en ella el foco oscuro, o por lo menos el foco escondido, del cual surgieron tantas luminosas fulguraciones”.

En 1903 Couturat publicó *Opuscules et fragments inédits de Leibniz*⁴⁵, que en principio consistía tan sólo “en la colección de textos inéditos que le habían servido para completar el trabajo histórico” editado dos años antes. No se trataba de colmar todas las lagunas, concernientes a la lógica, de las recopilaciones existentes de la obra de Leibniz, sino de presentar una especie de “morceaux choisis” extraídos de la colección de manuscritos inéditos existentes en la Biblioteca real de Hannover, precisamente los que le habían servido a Couturat para establecer la tesis fundamental de *La logique de Leibniz* de 1901.

Con estos y otros trabajos posteriores Couturat contribuyó en un momento decisivo al desarrollo de la lógica moderna y a una filosofía que se apoya esencialmente sobre la lógica y sobre el análisis del lenguaje⁴⁶. Por supuesto que sus teorías sobre Leibniz fueron discutidas desde un principio⁴⁷, pero la

45 COUTURAT, Louis (1903) *Opuscules et fragments inédits de Leibniz extraits des manuscrits de la Bibliothèque royale de Hanovre*, Paris, Félix Alcan éditeur (descargable de la web de la Biblioteca Nacional francesa).

46 Couturat trabajó además muy activamente, siguiendo la estela de Leibniz, en la construcción de una lengua internacional construida según los principios de la lógica. A partir de 1900 Couturat se implicó en la defensa de un lenguaje artificial llamado “ido”, que no tuvo suerte frente al esperanto.

47 El 27-II-1902 Couturat presentó sus tesis fundamentales sobre Leibniz en la sesión celebrada por la *Société française de Philosophie*. En la discusión que se produjo después de la intervención de Couturat se valoró muy positivamente su trabajo, pero muchos e importantes aspectos de sus tesis fueron refutados por varios de los demás miembros de la Société. El acta de la sesión, que incluye la ponencia de Couturat (“Sur les rapports de la logique et la métaphysique de Leibniz”), puede encontrarse en la red, en la web de la Université du Québec: http://classiques.uqac.ca/classiques/couturat_louis/rapports_logique_leibniz/rapports_logique_leibniz.html

influencia y el interés de sus ideas son innegables⁴⁸.

6.- El eco de Leibniz en el siglo XX: máquinas calculadoras, computación.

En el siglo XX algunas de las ideas de Leibniz serán retomadas por las personas que desarrollaron las máquinas calculadoras y la ciencia de la computación.

Pascal había presentado su *machine arithmétique*⁴⁹ en 1645, que permitía sumar y restar de manera directa, y multiplicar y dividir mediante iteraciones⁵⁰. Leibniz presentó un primer esquema de su máquina calculadora en 1673 en Londres, y más tarde en París. Lo mejoró en otro modelo de 1706, que es el que describió en un artículo publicado en 1710 en la *Miscellanea Berolinensia*, revista en la que se publicaban las memorias de la Academia de Berlín⁵¹. La máquina de Leibniz supuso un notable progreso en relación a la de Pascal, gracias a su invento del cilindro acanalado de dientes progresivos,

48 Aunque, como ha sucedido con otras muchas personalidades, el tiempo va sumergiéndolo a Couturat en el olvido, siguen celebrándose reuniones en torno a su figura y a su obra. Entre las más importantes de las que tengo constancia son destacables el “Colloque Louis Couturat” celebrado en la École Normale Supérieure en junio de 1977 y la “Journée Louis Couturat” que tuvo lugar en la Maison des Sciences de l’Homme de Nancy (Université de Lorraine) en marzo de 2012.

49 En la edición de 1779 de las *Oeuvres de Blaise Pascal*, tome quatrième, La Haye, 7-11 se encuentra la carta enviada en 1645 por Pascal al canciller Pierre Séguier, presentándole su máquina aritmética. En las páginas siguientes se incluyen otros interesantes documentos que explican detalladamente su construcción y funcionamiento, en particular una carta de Pascal a la reina Cristina de Suecia (1650), acompañando el envío de una máquina aritmética, y el privilegio concedido por el rey a Pascal en 1649. También se incluye la descripción de la máquina efectuada por Diderot en el primer volumen de la *Encyclopédie*. Este tomo cuarto de las obras completas de Pascal se encuentra en la red, digitalizado por Google Books.

50 Al final del tomo citado de las obras completas de Pascal están las planchas con las figuras correspondientes a su máquina, pero la reproducción está incompleta. El funcionamiento de lo que se denominaría *pascaline* está muy bien explicado en otros muchos lugares, por ejemplo en TEMAM, Daniel (2009) “La pascaline, la machine qui relève du défaut de la memoire”. En línea en la web www.bibnum.education.fr dependiente de la Fondation Maison des Sciences de l’Homme, Paris (9-VIII-2016).

51 El artículo, titulado “Brevis descriptio machinae arithmeticae, cum figura” iba firmado por las iniciales G. G. L. Está incluido en formato digital, junto con una traducción francesa de Colette Chantal Adam, en un archivo que puede descargarse en la red, en la dirección <http://www.bibnum.education.fr/calculinformatique/calcul/la-machine-calculer-de-leibniz>. El funcionamiento detallado de esta máquina está explicado en SERRA, Yves (2009) “La machine arithmétique de Leibniz”, que forma parte de la ya mencionada página web de BibNum, dependiente de la Fondation Maison des Sciences de l’Homme, Paris (9-VIII-2016).

que permitía efectuar con sencillez las multiplicaciones. Pero las dificultades técnicas relativas a la mecanización de las piezas, imposibles en su época, retrasaron su materialización hasta que Thomas de Colmar pudo realizar en 1820 su “aritmómetro” basado en las ideas de Leibniz.

La historia de las máquinas de calcular es larga y variada; uno de los eslabones fundamentales de esta historia es la aportación de Charles Babbage⁵², primero con su máquina de diferencias de 1822⁵³, destinada a elaborar mecánicamente tablas numéricas para aplicar al método de las diferencias, después con su máquina analítica (descrita inicialmente en 1816, pero que le ocupó hasta el final de sus días). Esta máquina, que debía funcionar mediante una máquina de vapor, y que era programable mediante tarjetas perforadas (inspirándose en los telares Jacquard), tenía una estructura semejante a los actuales ordenadores. Babbage, en una especie de autobiografía⁵⁴, expresaba su admiración hacia Leibniz, en lo que se refiere a su sistema de notación para el cálculo diferencial frente al sistema fluxional de Newton, al que acusaba de haber sido un obstáculo para el progreso de la ciencia en Inglaterra. Pero no he sido capaz de encontrar en esos *Passages* mención alguna a la máquina de Leibniz.

El otro elemento fundamental para el progreso de la ciencia de la computación fue el sistema binario, factor en el que se debe a Leibniz uno de los primeros impulsos y una teorización esencial. En 1703 había publicado en la Académie des Sciences de Paris una memoria titulada “Explication de l’arithmétique binaire qui se sert des seuls caractères 0 & 1 avec des remarques sur son utilité & sur ce qu’elle donne le sens des anciennes figures chinoises de Fohy”⁵⁵. Explicaba Leibniz el modo de expresar cualquier número en el sistema binario, y la manera de efectuar las cuatro operaciones aritméticas básicas. Reconocía que en el sistema binario la expresión de los números era demasiado larga, pero en contrapartida “proporcionaba nuevos descubrimientos, inmediatamente útiles para la aritmética y la geometría,

52 HYMAN, Anthony (1982) *Charles Babbage. Pioneer of the computer*, Princeton, Princeton University Press.

53 Presentada por Babbage en la Royal Astronomic Society el 14-VI-1822 en su trabajo “Note on the application of machinery to the computation of astronomical and mathematical tables”.

54 BABBAGE, Charles (1864) *Passages from the life of a philosopher*, London, Longman. Disponible en la red, digitalizado por Google Books.

55 El artículo se encuentra fácilmente en la red mediante un buscador común. Está incluido en el tomo tercero de la *Opera Omnia* que Louis Dutens editó en 1768 en Ginebra, 390-394 (libro digitalizado en la web de la Biblioteca Nacional francesa).

haciendo aparecer por todas partes un orden maravilloso". Colocando los números en largas tablas, Leibniz buscaba propiedades periódicas que denominaba "armonías" y "progresiones". Los estudiosos de la obra de Leibniz han señalado las implicaciones metafísicas del sistema binario, asociándolo a la creación ex nihilo⁵⁶. Leibniz reconocía además la vinculación de su sistema a la antiquísima tradición china de los caracteres y figuras de Fo-Hi⁵⁷, y con esta asociación pretendía facilitar la propagación del cristianismo en China.

Como es sabido, el sistema binario de Leibniz se hizo carne en el álgebra de Boole, y la teoría de la computación recibió un impulso determinante con la tesis doctoral de Claude Shannon, *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, presentada en el MIT en 1937, en la que utilizaba el álgebra booleana para el análisis y diseño de circuitos eléctricos. A partir de aquí quedaba abierto el camino que ha desembocado en nuestra actual era digital⁵⁸.

Quiero cerrar este apartado efectuando una incursión semi-ucrónica en la relevante obra de Leibniz en el ámbito binario, siguiendo las reflexiones que hace el ingeniero francés Yves Serra⁵⁹. Examinando las dos publicaciones fundamentales de Leibniz para la historia del cálculo y de las máquinas de calcular, la de 1703 sobre el sistema binario y la de 1710 sobre la máquina aritmética, dice Serra que "aproximando estas dos publicaciones uno esperaría encontrar un texto que, haciendo la síntesis del cálculo binario y de la mecanización, sería el precursor de la informática". Serra confiesa que no ha

56 COUTURAT (1901), 473-478. Continúa en discusión el establecimiento del origen o estímulo que llevó a Leibniz a formular su sistema binario. Suele señalarse la influencia de Erhard Weigel, que fue su profesor de matemáticas durante un semestre (en 1663) en la Universidad de Jena. Su sistema numérico de base 4, que formuló en una obra denominada *Tetractys* (1673), habría sido el impulsor. Esta interpretación de Couturat ha sido contradicha por BRANCATTO, Mattia (2016) "Leibniz, Weigel and the birth of binary arithmetic", *Lexicum Philosophicum. International Journal for the History of Texts and Ideas*, 4, 151-172.

57 Escribía Leibniz: "Ce qu'il y a de surprenant en ce calcul c'est que cette arithmétique de 0 & 1 se trouve contenir le mystère des lignes d'un ancien Roi & Philosophe nommé Fohy, qu'on croit avoir vécu il y a plus de quatre mille ans, et que les chinois regardent comme le fondateur de leur empire et de leurs sciences. Il y a plusieurs figures lineaires qu'on lui attribue. Elles reviennent toutes à cette Arithmétique".

58 La bibliografía sobre la historia de las computadoras y de las ciencias de la computación es inabarcable. Sigue siendo muy valioso el clásico GOLDSTINE, Herman H. (1972) *The computer from Pascal to von Neumann*, Princeton, Princeton University Press. Véase también, más moderno, CERUZZI, Paul E. (1998, 2003²) *A history of a modern computing*, Cambridge, The MIT Press.

59 SERRA, Yves (2010) "Le manuscrit *De Progressione Dyadica* de Leibniz". Descargable en la web de BibNum, dependiente de la Fondation Maison des Sciences de l'Homme, Paris: <http://www.bibnum.education.fr/calculinformatique/calcul/de-la-numeration-binaire>

encontrado rastro alguno de ello en la obra de la pléyade de estudiosos de Leibniz. “¿Habría roturado Leibniz ambos caminos sin hacerlos cruzarse?”, se pregunta Serra. Y se responde negativamente, pues en su opinión existe un texto manuscrito de 1679 que podría ser considerado como “la más antigua evocación de una calculadora binaria”. La existencia de este manuscrito es lo que lleva a Serra a sus consideraciones ucrónicas⁶⁰:

“¡Soñemos por un momento en lo que hubiera podido ser la continuación de la historia del cálculo si hubiese publicado igualmente, en los comienzos del siglo XVIII, su manuscrito del 15 de marzo de 1679 De Progressione Dyadica en el que acerca sus reflexiones sobre las máquinas a la notación binaria para proponer la realización ‘fácil y sin esfuerzo’ de una máquina de multiplicar binaria!”

El manuscrito *De progressione dyadica*⁶¹, fechado el 15 de marzo de 1679, comienza explicando cómo se convierte en binario cualquier número en forma decimal, y después muestra cómo se realizan en el sistema binario las operaciones aritméticas básicas. También comenta las regularidades de aparición de los 0 y 1 en la sucesión de los números naturales expresados en el sistema binario. Pero después viene lo novedoso: Leibniz explica que la multiplicación (cuyo procedimiento acaba de describir)

“podría ser realizada con una máquina (sin ruedas), muy fácilmente y sin esfuerzo, del modo siguiente. Con una caja provista de agujeros, que pueden estar abiertos o cerrados. Están abiertos o cerrados en los lugares que corresponden mediante una rueda de dos dientes. Los agujeros están abiertos en el lugar que corresponde a un 1, y permanecen cerrados en el lugar que corresponde a un 0. Por los agujeros abiertos caerán pequeños cubos o bolas en las ranuras o canalones [rigoles], y no caerá nada por los agujeros cerrados. La caja está desplazada de columna en columna, como lo exige el procedimiento de la multiplicación. Los canalones representan las columnas, y ninguna bola podría pasar de un canalón a otro, a menos que se produzca un movimiento de

60 SERRA (2009), 9.

61 Publicado por primera vez en HOCHSTETTER, Erich; GREVE, Hermann-Josef (1966) (ed.) *Herrn von Leibniz' rechnung mit null und einz*, Berlin, Siemens Aktiengesellschaft. Yves Serra incluyó el facsímil del manuscrito, junto con su traducción al francés, en su artículo SERRA (2010).

la máquina. Después todas las bolas ruedan a la ranura siguiente, una de ellas siendo retenida y la otra cayendo por un agujero (con lo que entonces llena una base), sólo una bola pasa por la puerta. Pues la cosa puede ser organizada de modo que dos bolas salen necesariamente siempre juntas, y de otro modo no pueden salir”.

En el artículo de Serra (2010) aparecen unos gráficos que hacen más inteligibles las explicaciones de Leibniz y el funcionamiento de su máquina binaria, incluyendo algunos detalles técnicos que permitirían construirla⁶². En su reflexión final Serra reconoce la parte imaginativa de su construcción, pero ensalza el carácter iluminador del manuscrito de 1679:

“Sin negar la amplia extrapolación técnica que representa esta máquina en relación al contenido del manuscrito de Leibniz, es forzoso constatar que Leibniz, desde 1679, ha anticipado el interés por construir una máquina de calcular en el sistema binario, y ha esbozado una concepción de la misma que se ha demostrado ser funcional. No retomó este propósito de mecanización en la memoria que presentó en 1703 a la Academia de Ciencias de París, que conlleva, en contrapartida, la descripción de la notación binaria, así como la de las cuatro operaciones como continuación del manuscrito de 1679. Aunque manuscrito y claramente inacabado, el documento De Progressione Dyadica del 15 de marzo de 1679 puede considerarse, a día de hoy, un texto fundacional”.

La cuestión de la materialización de la máquina binaria de Leibniz ha dado lugar a una línea de investigación abierta y fecunda, que continúa dando lugar a numerosas e interesantes publicaciones, en las que se analizan técnica y minuciosamente el diseño y la construcción de la máquina que pudo haber sido un hito en la historia de la computación⁶³.

62 En 1969 Ludolf von Mackensen concibió una máquina de madera que fue construida en 1971 por el Deutsches Museum de Munich. Un estudio y fotos de esa máquina se pueden ver en TRZESIKI, Kazimierz “Leibnizjanskie inspiracje informatyki”, que se encuentra en la red: <http://logika.uwb.edu.pl/KT/Leibnizjanskie%20inspiracje%20informatyki.pdf>.

63 Un estudio muy completo y bastante reciente de las máquinas de Leibniz y de los procedimientos para reconstruirlas es STEIN, Erwin; KOPP, Franz Otto; WIECHMANN, Karin; WEBER, Gerhard (2006) “Calculus! New research results and functional models regarding Leibniz’ four function calculating machine and binary calculating machine”, *Foundations of Civil and Environmental Engineering*, num. 7, 319-332.

7.- ¿Qué valor puede tener la obra de Leibniz en el siglo XXI?

Uno de los principales especialistas españoles en Leibniz, Javier Echeverría Ezponda, escribía con ocasión del Congreso Internacional *Ciencia, tecnología y bien común: la actualidad de Leibniz*, celebrado en la Universidad Politécnica de Valencia en marzo de 2001⁶⁴:

“Las grandes personalidades pueden ser estudiadas desde una perspectiva histórica, situándolas en el contexto de su época, pero la pretensión de este Congreso es muy distinta. Muchos de sus contemporáneos, los más prestigiosos, tienen una relevancia histórica, pero sus ideas aportan poco a la sociedad contemporánea. Las propuestas de Leibniz, en cambio, han sobrepasado las barreras temporales y siguen siendo una importante fuente de inspiración para la ciencia y la tecnología contemporáneas. Así ocurre con sus teorías sobre la combinatoria y la computación, que le convierten en el gran precedente de la informática actual. Otro tanto sucede con alguna de sus aportaciones físicas (hay varias tesis doctorales que lo consideran como un precursor de la teoría de la relatividad), biológicas (la actual genética puede ser leída en clave leibniziana), la ingeniería (energía eólica), la teoría de los signos, la documentación y lo que hoy en día se denomina ingeniería social, o teoría de las organizaciones. Leibniz tuvo clara la importancia de las comunidades y las instituciones científicas y fue uno de los pioneros en lo que hoy en día denominamos política científica y tecnológica, aplicada a la mejora de las condiciones de la vida social. Fue un pensador universalista, gran defensor de la idea de Europa, de cuya unificación fue uno de los precursores, tanto a nivel teórico como práctico. Por todo ello cabe afirmar que Leibniz es uno de los pocos pensadores clásicos que seguirán siendo una guía durante el siglo XXI, como lo fue durante el siglo XVIII, época en la que su pensamiento influyó poderosamente, y posteriormente en el pasado siglo XX, cuando muchas de sus propuestas fueron retomadas por las disciplinas científicas y tecnológicas más diversas. Este Congreso se propone estudiar la obra de Leibniz desde una perspectiva contemporánea, conectándola a lo que, para él, fue siempre el principal objetivo del progreso en el conocimiento científico y técnico: su contribución al bien común, entendiendo por tal el bien de la humanidad, pero también el de las comunidades y países concretos en los que desarrolló sus iniciativas”.

64 Echeverría puso a su texto el título “Leibniz: una guía para el siglo XXI”.

Es evidente que cuando un investigador consagra su vida al estudio de la obra de un personaje extraordinario corre el peligro de ser cautivado por éste de tal modo que ello le lleve a incurrir en exageraciones, presentismos o anacronismos. No estoy afirmando tajantemente que esto es lo que le ha ocurrido a Echeverría con Leibniz en el párrafo reproducido, pero me cuesta mucho aceptar que los manuscritos que con enormes dificultades están descifrando los estudiosos de la obra de Leibniz puedan servir hoy de guía para los cultivadores de unas disciplinas (científicas y técnicas) que Leibniz no pudo ni imaginar. Por supuesto que hay que continuar poniendo a disposición de todo el mundo la obra completa de Leibniz, para seguir completando la reconstrucción de la historia intelectual de nuestra especie. Pero más importante que servir de guía para los investigadores del siglo XXI, los resultados de este esfuerzo pueden ser iluminadores en otras cuestiones o en otros ámbitos.

Mi reflexión personal ante el texto de Echeverría –especialmente en lo que se refiere a la validez permanente de la obra de determinados individuos excepcionales– tiene mucho que ver con la opción que efectué hace casi medio siglo por adentrarme en el estudio de la historia de la ciencia y de la técnica. Aparte de dedicar mis actividades investigadoras a la historia de la institución más importante de España dedicada a las enseñanzas industriales superiores y a analizar el papel jugado por las matemáticas en la formación de los ingenieros industriales⁶⁵, como profesor universitario inserto en una universidad politécnica estuve desde un principio preocupado por la deseable formación integral de nuestros estudiantes. El incremento exponencial del conocimiento técnico-científico ha dado lugar a que las carreras técnicas sean excesivamente largas y que los planes de estudio estén muy sobrecargados. Los estudiantes disponen de muy pocos momentos para reflexionar globalmente, y se ven por ello prácticamente obligados a atiborrarse de conocimientos y técnicas concretas, que muy pronto deben olvidar para dejar hueco a los siguientes. Esto imprime a sus estudios –y por lo tanto a su vida académica– una cierta aridez, una marcada unidimensionalidad y, en definitiva, un “déficit de humanidad”. Para atenuar o equilibrar esta formación excesivamente

65 Estoy hablando de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), fundada en 1851 sobre la base de enseñanzas técnicas que funcionaban desde 1769. A la historia de la ETSEIB he dedicado los 25 números de la colección *Documentos de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, accesible en la red en la dirección <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/82>.

especializada es inútil –y contraproducente– inyectar en el curriculum del futuro ingeniero materias de carácter humanístico, que siempre serán vistas como intrusas en el plan de estudios. Ni se puede ni se debe luchar contra la especialización de los saberes: por eso los elementos generadores de inquietud intelectual y estimuladores de tender puentes inter-subculturales deben proceder del mismo campo de la cultura científico-técnica.

Desde hace unos cuantos años algunos nos hemos atrevido a declarar –sin que hasta hoy nadie nos haya llevado la contraria– que la Historia de la Ciencia y de la Técnica es *el camino real*⁶⁶ para abordar la recomposición e integración cultural en las universidades politécnicas. La ciencia y la técnica constituyen unas actividades del hombre inseparables de su propia historia. Ambas han influido, en todo tiempo y lugar, sobre las condiciones en que el hombre desenvolvía su vida y, recíprocamente, han sido inevitablemente afectadas por esas condiciones generales. En la Historia de la Ciencia y de la Técnica comparecen y convergen la ciencia, la técnica, la filosofía, la política, la religión, el arte... Nada más adecuado para que, partiendo del interés del futuro ingeniero hacia sus materias específicas, conseguir despertar su asombro y su curiosidad, facilitándole el camino hacia la aprehensión de una realidad cultural y vital más completa y más apasionante. Uno de los objetivos de la educación científico-técnica es, por supuesto, transmitir a los futuros ingenieros los últimos resultados alcanzados por la humanidad en cuanto al conocimiento y a la capacidad de transformar la naturaleza. Pero no menos importante es estimular en el estudiante la aparición y consolidación de una específica actitud ante la vida, y facilitar la adquisición de determinados hábitos metodológicos. Y no cabe duda de que para esto es más importante la *dinámica* de la ciencia que su mera presentación *estática*, por muy al día que esté la última fotografía de esa ciencia. Presentar la trayectoria de la ciencia y de la técnica como algo vivo, dinámico y abierto, tiene una virtud adicional que ofrece diversas posibilidades. Por un lado, destaca el carácter de incon-

66 Camino real: el construido a expensas del Estado, más ancho que los otros, capaz para carruajes y que ponía en comunicación entre sí poblaciones de cierta importancia. Segunda acepción: medio más fácil y seguro para la consecución de algún fin (Diccionario de la RAE). Aquí quiero referirme a la conocida anécdota según la cual Alejandro Magno, que estaba siendo instruido por Menecmo, le preguntó si existía algún atajo para acceder a la geometría, a lo que Menecmo le contestó que “para viajar por el país había caminos reales y caminos para los ciudadanos comunes, pero que en la geometría sólo había un único camino para todos”. La anécdota también suele ser atribuida a otros dos personajes, el matemático Euclides y el rey Ptolomeo.

cluso que tiene ese proceso: ni final de la Historia, ni final de la Ciencia o de la Técnica. Aún queda mucho por hacer, y esto deben hacerlo las siguientes generaciones.

Por otro lado, la historia de la *auténtica* trayectoria seguida revela tanto los éxitos alcanzados y la magnitud del ingenio humano como los errores, las equivocaciones y las miserias propias de toda empresa humana. Así, una equilibrada combinación de orgullo y de humildad puede ser lo más adecuado para conformar el talante del futuro profesional de la ciencia y de la técnica.

“Lo que en un principio movió a los hombres a hacer las primeras indagaciones filosóficas fue la *admiración*”, dice Aristóteles en su *Metafísica*. Pero el avance del conocimiento en nuestros días es tan vertiginoso que sus logros han dejado prácticamente de admirarnos o de asombrarnos. Los que para generaciones pasadas fueron audaces descubrimientos revolucionarios han entrado a formar parte de nuestros saberes establecidos, de nuestro “sentido común”. Los procedimientos ingeniosos y heurísticos de antaño han dejado paso a mecanismos automatizados que utilizamos con soltura, sin necesidad de detenernos a analizar su esencia. Todo esto estimula y allana el progreso de la especie humana. Pero lo que es natural y positivo para la especie en su conjunto puede no serlo tanto para cada individuo: ¿es conveniente privar a una persona de la capacidad de asombro ante los fenómenos elementales, sustrayéndole así el “maravillamiento” que supone atreverse a sugerir espontáneas respuestas racionales que funcionen? ¿No sería más deseable, para una mejor consolidación de las capacidades cognitivas del individuo, que hubiese un cierto “distanciamiento” temporal entre la “fase de asombro”, que mueve a la búsqueda de una explicación, y la posterior “fase de maravillamiento” ante el hallazgo de una respuesta válida?

Aparece así un difícil reto, dirigido al sistema educativo en su conjunto: ¿cómo mantener viva la capacidad de asombro, cómo revivir los momentos de admiración ante las respuestas elaboradas por la ciencia a lo largo de su historia, sin caer en estériles y reaccionarias nostalgias ni entorpecer el proceso de adquisición del conocimiento? ¿Cómo revalorizar el “aprecio por el conocimiento en sí mismo”, haciéndolo compatible con el continuo mandato que impulse a la ciencia y a la técnica a resolver los graves problemas que amenazan a la especie humana y al planeta?

Naturalmente, quienes nos planteamos estas preguntas –o cuanto menos quien suscribe– lo hacemos porque estamos convencidos de que es posible

no sólo conciliar ambos aspectos (el “utilitario” y el “admirativo”), sino que precisamente su mutuo reforzamiento es una garantía de avance del conocimiento y de su contribución para conseguir un planeta más habitable, más justo y por lo tanto más feliz. Pero también sabemos que no hay recetas mágicas que valgan para todo en todo lugar, sino que debemos conformarnos con experimentar, cada uno en su ámbito, todo tipo de procedimientos que proporcionen resultados positivos desde el punto de vista de quien se plantea estas cuestiones.

Personalmente he utilizado los cursos de Historia de la Ciencia y de la Técnica para ir elaborando una inédita “Antología del ingenio humano”, que recoge algunos de los mejores momentos capaces de hacer revivir en nuestros alumnos el asombro y la admiración que despertaron y que despertarán siempre: las demostraciones de Arquímedes (las ortodoxas, realizadas por exhaución y las revolucionarias encerradas en el *Método* descubierto por Heiberg en 1906); los procedimientos ideados para resolver los tres problemas clásicos de la duplicación del cubo, la trisección del ángulo y la cuadratura del círculo; los experimentos de Galileo, tanto los que realizó físicamente como los puramente mentales... En particular, esa antología del ingenio se nutre principalmente de la historia de la astronomía, de las respuestas que nuestros inteligentes antepasados dieron al problema de “salvar las apariencias”, de explicar con sencillez, elegancia, precisión y belleza la arquitectura de los cielos:

- * El modelo llamado “de las dos esferas”, que explica el movimiento diurno de los astros.
- * Las esferas homocéntricas de Eudoxo y de Calipo, para dar cuenta de las retrogradaciones de cada planeta.
- * Las esferas “antigradoras” de Aristóteles, que permiten integrar las soluciones de Eudoxo en un mecanismo único.
- * La medida del radio de la Tierra por Eratóstenes y el cálculo de las distancias al Sol y a la Luna por Aristarco.
- * Los argumentos de Tomás de Aquino para hacer compatible la ascensión de Cristo a los cielos con la existencia de esferas cristalinas.
- * El mecanismo epiciclo-deferente utilizado por Apolonio e Hiparco para salvar las apariencias mejorando la explicación y la precisión.
- * La invención del punto ecuante por Ptolomeo, escindiendo conceptualmente el movimiento circular uniforme sin salirse de la ortodoxia, y

construyendo un sistema –el diseñado en el *Almagesto*– que estuvo vigente durante más de mil seiscientos años.

- * La recuperación de la sencillez y de la armonía con la cosmología copernicana.
- * Las deducciones observacionales de Galileo en su *Sidereus Nuncius* (satélites de Júpiter, lejanía de las estrellas fijas, relieve lunar...).

Es en esta antología del ingenio humano donde Leibniz tiene mucho que aportar. A lo largo de este artículo hemos mencionado algunos elementos: la invención del cálculo infinitesimal; el cilindro acanalado de dientes progresivos de su máquina calculadora, que permitía efectuar las multiplicaciones mediante una sola operación; su esbozo de máquina diádica, que pudo convertirse en un primer ordenador digital; su proyecto de Característica Universal, especie de *Organon* común a todos los saberes, que debía poder expresar todo tipo de conocimientos científicos y técnicos (lógica, lenguajes naturales, aritmética, álgebra, análisis matemático, derecho...). Pero también en las obras de carácter predominantemente filosófico –aunque en Leibniz es imposible separar lo filosófico de lo científico– se despliega el ingenio de Leibniz. Hay que descubrirse ante los sutiles argumentos desplegados en su *Système nouveau de la nature* de 1695 para explicar cómo se vincula el alma con el cuerpo; en sus *Essais de Théodicée* de 1710, cuando justifica la existencia del mal en el mejor de los mundos posibles; en su *Monadologie* de 1714, cuando concibe sus mónadas como sustancias simples indivisibles, inextensas y activas, átomos formales, puntos sustanciales (metafísicos) dotados interiormente de fuerza, que nacen por fulguraciones continuas de la divinidad.

Este es, para mí, el Leibniz que permanecerá en el siglo XXI, y en los siglos que le queden a la especie humana en este maltratado planeta.